DOI:10.11931/guihaia.gxzw201804008

乌蒙山峨眉栲-华木荷群落特征研究

周杰，彭明春，王崇云*，曹文馨，杨光能，彭晓昶，

刘鹏举，宋紫玲，朱守引，冉秋月，杨永霞

（云南大学，生态学与地植物学研究所，昆明 650500）

摘要：乌蒙山位于西部半湿润常绿阔叶林与东部湿润常绿阔叶林交界区，是云南省唯一分布峨眉栲、华木荷群系(Formation *Castanopsis platyacantha*, *Schima sinensis*)的地区，该群系处于中国西部常绿阔叶林向东部常绿阔叶林过渡的地带，群落更加复杂多样。乌蒙山峨眉栲、华木荷群落属于云南的中山湿性常绿阔叶林，但与东部湿润常绿阔叶林更为接近，其分布原因和群落特征都具有一定的研究意义。为了更深入的了解该群系的群落特征，同时找出其与东部湿润常绿阔叶林的联系，本文对该类型群落进行了数量分类研究，并分析了聚类归并的各群落类型的乔灌优势种特征（径级结构、高度结构和重要值）。同时，采用 DCA，CCA 和 DCCA 排序分析进行群落特征分异的环境解释。最后，与四川峨眉山同类群落进行特征对比。结果表明：（1）乌蒙山峨眉栲、华木荷群落可划分为 6 个类型：峨眉栲群落，峨眉栲、华木荷群落，峨眉栲、十齿花群落，水青冈（*Fagus longipetiolata*）、华木荷、峨眉栲群落，华木荷、硬斗石栎（*Lithocarpus hancei*）群落，十齿花（*Dipentodon sinicus*）、华木荷群落。（2）乌蒙山峨眉栲、华木荷群落中，峨眉栲大树比例较高，华木荷小苗数量巨大，灌木层常以竹类为优势种。（3）海拔、坡度和太阳年辐射值是影响群落分布的主导因素。（4）峨眉山同类群落中优势种种群呈稳定型或增长型，而乌蒙山峨眉栲、华木荷群落中，峨眉栲和水青冈呈现下降型的特点。

关键词：乌蒙山，峨眉栲、华木荷群落，聚类分析，排序

中图分类号：Q145+.2，Q948 **文献标识码：A**

Community characteristics of *Castanopsis platyacantha*, *Schima scinensis* Forest in Wumeng Mountain

ZHOU Jie, PENG Mingchun, WANG Chongyun*, CAO Wenxin, YANG Guangneng, PENGXiaochang, LIU Pengju, SONG Ziling, ZHU Shouyin, RAN Qiuyue, YANG Yongxia

（*Yunnan University*, *Institute of Ecology and Geobotany*, Kunming 650500, China）

基金项目：国家科技部科技基础性工作专项《中国植被志》栲林、木荷林植被志编研专题（2015FY210200-15）[Supported by “Chinese Vegetation Chronicles” (Basic Works for Science and Technology of China, NSPBWSTC), Thematic Research on Vegetation Chronicles of *Castanopsis* forest and *Schima* forest (2015FY210200-15)]。

作者简介：周杰（1988-），男，云南镇雄人，硕士，主要从事植被生态学的研究，(E-mail)552727419@qq.com。

***通信作者：**王崇云，博士，副教授，主要从事植被生态学和进化生态学研究，(Email) cywang@ynu.edu.cn。

Abstract： Wumeng Mountain is located in the joint zonation between western semi-humid evergreen broad-leaved forest and eastern humid evergreen broad-leaved forest in China. Formation *Castanopsis platyacantha*, *Schima sinensis* is a typical forest in this area with complex and diverse types that are only occurrence of Yunnan. Formation *Castanopsis platyacantha*, *Schima scinensis* in Wumeng Mountain was categorized into the Mid-montane wet evergreen broad-leaved forest in Yunnan, but it is more close to the eastern humid evergreen broad-leaved forest. Therefore, Its distribution and community characteristics have certain research significance. In order to more understand the community characteristics of this formation in more detail, and find out its relationship with the eastern moist evergreen broad-leaved forest. In this paper, we made clustering analysis on the basis of canopy and shrub layer species of 26 plots. Then, the dominant species in tree and shrubs layer were analyzed by size class structure, height structure, and importance value. Ordination analysis was carried out by DCA, CCA, and DCCA to reveal the relationship between community features and environmental gradients. Finally, we compared the communities with the similar ones in Emei Moutain. The results showed that: (1) *Castanopsis platyacantha*， *Schima sinensis* forest in Wumeng Moutain could be divided into 6 types: *Castanopsis platyacantha* forest， *Castanopsis platyacantha*, *Schima sinensis* forest， *Castanopsis platyacantha*, *Dipentodon sinicus* forest， *Fagus longipetiolata*, *Schima sinensis*, *Castanopsis platyacantha* forest， *Schima sinensis*, *Lithocarpus hancei* forest, and *Dipentodon sinicus*, *Schima sinensis* forest. (2) There was a large proportion of *Castanopsis platyacantha* trees in old age， and a great number of seedlings of *Schima sinensis* in the communities. Meanwhile, bamboo species were tyipical dominant in the shrub layer. (3) Community patterns were mainly influenced by elevation, slope, and annual solar radiation. (4) Dominate tree species' population structures of similar communities in Emei Moutain were inclined or stable type, but those were characteristics of decline type in Wumeng Moutain.

Key words: Wumeng Moutain, *Castanopsis platyacantha, Schima sinensis* community, clustering analysis, ordination analysis

中国是世界上常绿阔叶林分布最辽阔的区域，类型也最为多样。云南的常绿阔叶林因受西南季风和高原地貌的深刻影响，其生态表现和种类组成与我国东部的常绿阔叶林既有紧密的联系，又有显著的差别(金振洲，1979；吴征镒, 1987)。中山湿性常绿阔叶林是云南山地植被垂直带的主要类型之一，主要分布于哀牢山、无量山、镇康大雪山，高黎贡山、乌蒙山中部和北部等地，与云南的水平地带性植被半湿润常绿阔叶林和季风常绿阔叶林不同，这一植被亚型以“湿”为主要特点,属于西部典型常绿阔叶林中的西部山地柯集群（宋永昌，2013）。

乌蒙山保护区位于云南省东北部，地处四川盆地的边缘，恰好处在西部半湿润常绿阔叶林向东部湿润常绿阔叶林过渡的地带(Song, 1988)。这一区域的主要植被类型属于金振洲划分的“中山湿性常绿阔叶林”（金振洲，1979），但与无量山（彭华和吴征镒，1997），高黎贡山（孟广涛等，2013），哀牢山（巩合德等，2011），澜沧江保护区（丁涛等，2006）等地的中山湿性常绿阔叶林不同，乌蒙山自然保护区是我省唯一分布峨眉栲、华木荷为优势种的常绿阔叶林地区，也是我国峨眉栲、华木荷群落分布的最西边缘。

峨眉栲、华木荷群落在湖北、重庆、贵州、四川等地均有分布，是西部常绿阔叶林向东部常绿阔林过渡的类型，在种类上兼有两者特点（宋永昌，2004），该群落是四川亚热带常绿阔叶林最主要的类型之一（四川植被协作组，1980），云南主要分布于滇东北大关、永善、彝良、镇雄等地。这类植被在云南垂直分布可达海拔 2 300 m（杨一川等，1994）。《云南植被》中已有乌蒙山峨眉栲、华木荷群落的相关记载，但在《中国植被志》栲林、木荷林植被志编研工作中，发现以往资料无法满足编研需要，所以对这一类型进行了更广泛的深入调查，从数量分类、群落排序、优势种种群结构等方面进一步揭示群落特征和环境分异规律，并与四川峨眉山同类群落进行对比，为乌蒙山自然保护区峨眉栲、华木荷群落的管理与保护提供理论指导。

1.研究区概况

乌蒙山国家级自然保护区位于云南省东北部昭通市境内，在云贵川三省交界处，地跨大关、彝良、盐津、永善和威信 5 县，总面积 26 186.65 hm^2，由三江口、朝天马、海子坪三个片区组成。地理位置介于 103°51′47"—104°45′04"E，27°47′35"—28°17′42"N 之间，其主要保护对象为亚热带湿性常绿阔叶林森林生态系统、珍稀濒危特有物种及其栖息地、云贵高原湿地代表类型，属于森林生态系统类型自然保护区。

乌蒙山地势崎岖不平，坡度大多在 20 °左右，属于深至中等切割的中山山地。年均温 11～18 ℃，年降水量 1 000～1 300 mm 之间，降水量北部多于南部，迎风坡多于背风坡。区内日照时数大约为 1 000 h，年日照率约为 25%，无霜期达 210～220 d。乌蒙山是四川盆地冷空气进入云南的主要通道，在昆明准静止锋的控制下，气候与云南大部分地区不同。气候特点是：光照少、阴雨日数多，湿度大，干湿季分明但干季不干。

2.研究方法

2.1 群落调查

2.1.1 样地位置的确定

根据文献记载和当地林业局提供的资料，实地调查典型的峨眉栲、华木荷群落，调查地点为彝良县山羊坪、高木桥、横河头上，大关县罗汉坝、三江口、小岩坊附近，镇雄县首家坪子、场坝罗汉，地理位置介于 103°55′—104°42′ E，27°24′—28°15′N 之间，共调查 400～900 m^2 的样地 26 个。样地信息见下表 1：

表 1 样地信息表

Table 1 Information table of plots

样地编号 Plot number	样地所在县 County	乡镇 Township	村/小地名 Local site name	样地面积 Plot area (m×m)	经度 E. Long.	纬度 N. Lat.	海拔 Altitude (m)	坡向 Aspect	坡度 Slope (°)	调查时间 Survey time
510	彝良县 Yiliang county	小草坝镇 Xiaocaoba town	朝天马林区 Chaotianma Forest region	20×20	104°20'20"	27°49'20"	1 920	NW20°	10	2016-08-20
511				20×20	104°20'19"	27°49'22"	1 925	S	5	2016-08-.20
513				20×20	104°20'22"	27°48'27"	1 930	NW40°	10	2016-08-20
514				20×20	104°20'25"	27°48'27"	1 915	NW10°	15	2016-08-20
515			宝藏林区 Baozang Forest region	20×20	104°17'50"	27°49'44"	1 920	N	0	2016-08-21
516				20×20	104°17'53"	27°49'47"	1 935	N	10	2016-08-21
517				20×20	104°17'53"	27°49'37"	1 935	NE20°	5	2016-08-21
518				20×20	104°18'13"	27°49'02"	1 950	NW25°	5	2016-08-21
519	大关县 Daguan county	天星镇 Tianxing town	罗汉坝 Luohanba	20×20	104°03'17"	27°55'12"	1 930	SE30°	15	2016-08-22
520				20×20	104°03'03"	27°55'21"	1 860	NW45°	5	2016-08-22
521				20×20	104°02'58"	27°55'27"	1 825	N	0	2016-08-22
523		木杆镇 Mugan town	三江口 Sanjiangkou	20×20	103°55'57"	28°12'58"	1 820	NE30°	10	2016-08-23
524				20×20	103°55'43"	28°13'18"	2 020	NE60°	10	2016-08-23
525				20×20	103°55'45"	28°13'22"	1 970	NE68°	5	2016-08-23
526				20×20	103°56'19"	28°12'39"	1 860	NW60°	15	2016-08-24
527				20×20	103°56'31"	28°13'05"	1 910	SE10°	5	2016-08-24
528	永善县 Yongshan county	细沙乡 Xisha town	小岩坊 Xiaoyanfang	20×20	103°58'26"	28°15'06"	1 810	SE20°	15	2016-08-24
529				20×20	103°58'43"	28°14'48"	1 940	SW80°	20	2016-08-24
537	镇雄县 Zhenxiong county	场坝镇 Changba town	罗汉村 Luohan	30×30	104°42'11"	27°24'14"	2 150	NW40°	5	2016-10-02
538				20×30	104°42'08"	27°24'23"	2 110	NW20°	10	2016-10-02
539				30×30	104°41'55"	27°24'15"	2 160	NW60°	5	2016-10-02
540				10×40	104°41'37"	27°24'05"	2 140	N	20	2016-10-03
541				30×30	104°41'20"	27°24'07"	2 140	NW30°	15	2016-10-03
542				20×30	104°41'20"	27°24'15"	2 120	NW40°	5	2016-10-03
546		杉树乡 Shashu town	瓦桥村 Waqiao	30×30	104°23'48"	27°36'43"	2 030	NW60°	5	2016-10-05
548				30×30	104°23'53"	27°36'47"	2 070	SW60°	15	2016-10-05

2.1.2 样地设置和记录

根据具体的地形情况采用最小面积法（Kikvidze&Ohsawa, 2002；王睿智和国庆喜, 2016）设置 400～900 m^2 的样地，记录样地内的坡度、坡向、海拔和经纬度。乔木树种 1.3 m 以上，测量每株基径、胸径、冠幅、株高、干高等数据，1.3 m 以下记入灌木层中；灌木和草本从样地四个角落各取 2 m×2 m 的小样地，计录物种的株高和丛径，每个样地都采集了标本，野外未识别出的种带回室内进行鉴定。

2.2 分析方法

2.2.1 相对基部面积（Relative Basal Area，RBA）

物种相对基部面积=该物种基部面积之和/乔灌层所有物种基部面积之和(Tang, 2011)；乔木树种高度 1.3 m 以上的记作乔木，1.3 m 以下的记作灌木；灌木层根据高度进行基径的划分，高度 0.5 m 以下的基径记为 0.5 cm，0.5 m 以上的基径记为 1 cm。

2.2.2 群落聚类

运用 SYN-TAX2000 的层次聚类（Hierarchical Classification）模块进行群落聚类分析。层次聚类主要通过一定规则自下而上的对样地进行合并，并在达到一定条件时终止合并。以样地编号为行，物种相对基部面积为列进行汇总，得到群落数据矩阵，将矩阵输入 SYN-TAX2000 软件进行聚类分析，并绘制聚类分析树状图。

2.2.3 径级结构、高度结构和重要值

依据群落聚类分析的结果，对同一组群落的乔木层和灌木层分别计算物种的相对基部面积（RBA），然后对每一组乔木层的前 3 个优势物种进行径级结构、高度级结构分析，灌木层的前三个优势物种进行重要值分析。

(1)径级结构（Diameter at Breast Height, DBH）。按照"1960 年森林专业调查办法(草案)"中的规定：林分平均直径在 12 cm 以上时，以 4 cm 及以下为第 I 级，胸径大于 24 cm 的划为第VII级，单位为：株 • hm^{-2}。(2)高度结构。根据样地的具体情况，高度划分五级：1.3 m 及以下，1.3～8 m（含 8），8～12 m（含 12），12～16 m（含 16），16 m 以上, 单位为：株 • hm^{-2}。（3）重要值。选取 RBA 最大的 3 个物种作为灌木层优势种，重要值=（相对密度+相对频度+相对显著度）/3。相对密度=该种的株数/总的株数；相对频度=该种出现的样地数/总的样地数；相对显著度=该种的 RBA /所有种的 RBA 和。

2.2.4 数量排序

运用 canoco for windows4.5 进行数量排序分析。以相对基部面积矩阵进行去趋势对应分析（Detrended Correspondence Analysis, DCA）分析。用 1：5 万 DEM 栅格数据提取土壤水分饱和度、土壤稳定性（Robert et al, 2005）和太阳年辐射值（Mccune et al, 2002），加上样地采集的海拔、坡度、坡向数据，创建环境因子矩阵，再结合相对基部面积矩阵进行典范对应分析（Canonical Correspondence Analysis, CCA）和去趋势典范对应分析（Detrended Canonical Correspondence Analysis, DCCA）。

3.结果与分析

3.1 聚类分析及优势种分析

3.1.1 群落聚类

本文以各样地乔木和灌木物种的相对基部面积（RBA）作为分类依据，通过 SYN-TAX2000 进行层次聚类分析，以差异值 0.35 为起始，逐层向上聚类，到差异值 0.65 停止聚类，共得到了 6 个类别。聚类结果按由小到大的顺序进行显示，其结果如图 1。

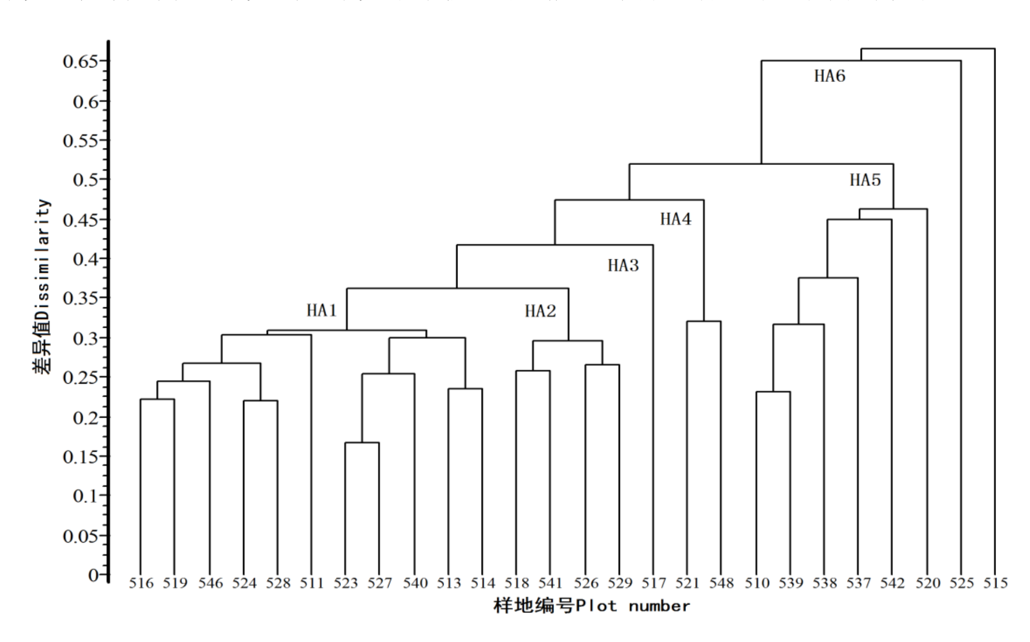


图 1 乌蒙山峨眉栲、华木荷群落聚类分析图

Fig. 1 Clustering analysis chart of Wumeng Mountain *Castanopsis platyacantha*, *Schima scinensis* community

所有样地共分为 6 组：

HA1：峨眉栲群落，包括 516、519、546、524、528、511、523、527、540、513、514 号样地；

HA2：峨眉栲、华木荷群落，包括 518、541、526、529 号样地；

HA3：峨眉栲、十齿花群落，仅有 517 号样地；

HA4：水青冈、华木荷、峨眉栲群落，包括 521、548 号样地；

HA5：华木荷、硬斗石栎群落，包括 510、539、538、537、542、520 号样地；

HA6：十齿花、华木荷群落，包括 525、515 号样地。

3.1.2 乔木层和灌木层优势种分析

聚类分析划分出来的 6 组群落的乔木层物种相对基部面积（RBA）见表 2，灌木层优势种 RBA 见表 3。

表 2 各类型群落乔木层树种的相对基部面积(RBA)

Table 2 Relative basal area (RBA) of tree species of arbor layer in different forest types

群落 Habitat	HA1	HA2	HA3	HA4	HA5	HA6
海拔 Altitude（m）	1 810～2 140	1 860～2 140	1 935	1 825～2 070	1 860～2 160	1 920～1 970
样方数 Number of plots	11	4	1	2	6	2
群落面积（m^2）	4 900	2 100	400	1 300	3 800	800
	RBA(%)	RBA(%)	RBA(%)	RBA(%)	RBA(%)	RBA(%)
峨眉栲 *Castanopsis platyacantha*	42.8	28.2	26.2	15.0	8.9	
华木荷 *Schima sinensis*	7.6	21.3		15.1	31.8	13.0
薄叶山矾 *Symplocos anomala*	3.2	0.8	14.5	1.0	2.7	
海桐山矾 *S. heishanensis*	2.6	0.5		1.5	0.6	4.2
峨眉柯 *Lithocarpus oblanceolatus*	1.8	1.3		0.6	7.9	
五裂槭 *Acer oliverianum*	5.0	2.8		8.3		5.5
细梗吴茱萸叶五加 *Acanthopanax evodiaefolius* var. *gracilis*	3.0	0.5		0.6		4.4
木瓜红 *Rehderodendron macrocarpum*	2.8	4.2		0.8	2.1	
水青冈 *Fagus longipetiolata*	3.2	6.5		37.6		
十齿花 *Dipentodon sinicus*		0.6	20.8			26.0
粗脉杜鹃 *Rhododendron coeloneurum*	2.1	2.7			6.7	
木姜子 *Litsea pungens*	1.1	1.4			4.3	
珍珠花 *Lyonia ovalifolia*	1.2	1.2			3.0	
西南山茶 *Camellia pitardii*	1.3			0.5	2.6	
房县槭 *Acer franchetii*		0.8			1.9	5.3
叶萼山矾 *Symplocos phyllocalyx*		1.9		1.6	0.6	
康定冬青 *Ilex franchetiana*	1.1	0.6				0.8
硬斗石栎 *Lithocarpus hancei*	0.7				14.7	
石灰花楸 *Sorbus folgneri*	0.6		13.7			
散毛樱桃 *Cerasus patentipila*	2.9	3.4	5.2			
灯笼树 *Enkianthus chinensi*		1.7		2.9		
多变石栎 *Lithocarpus variolosus*	0.6		2.4			
晚绣花楸 *Sorbus sargentiana*	2.0				1.1	

多脉冬青 *Ilex polyneura*		1.0		1.9		
凉山杜鹃 *Rhododendron huianum*	1.2	0.5				
长毛楠 *Phoebe forrestii*	0.5					0.9
西南绣球 *Hydrangea davidii*	0.7		0.8			
野核桃 *Juglans cathayensis*						9.2
枫杨 *Pterocarya stenoptera*						9.1
光叶珙桐 *Davidia involucrata* var. *vilmoriniana*						8.1
毛序花楸 *Sorbus keissleri*			3.8			
云贵鹅耳枥 *Carpinus pubescens*		2.5				
四川润楠 *Machilus sichuanensis*				2.2		
天师栗 *Aesculus wilsonii*		1.8				
三脉水丝梨 *Sycopsis triplinervia*	1.7					
三股筋香 *Lindera thornsonjj*		1.6				
川滇高山栎 *Quercus aquifolioides*					1.5	
凹叶木兰 *Magnolia sargentiana*		1.3				
吴茱萸 *Euodia rutaecarpa*					1.2	
野八角 *Illicium majus*		1.0				
桦叶荚蒾 *Viburnum betu*						1.0
灯台树 *Cornus controversa*	0.9					
江南越桔 *Vaccinium mandarinorum*						0.8
美毛含笑 *Michelia microtricha*	0.8					
米饭花 *Lyonia ovalifolia*	0.7					
川冬青 *Ilex szechwanensis*	0.6					
阔蜡瓣花 *Corylopsis platypetala*	0.6					
西南樱桃 *Cerasus duclouxii*		0.6				
微香冬青 *Ilex subodorata*		0.6				
红粗毛杜鹃 *Rhododendron rude*	0.5					
马尾松 *Pinus massoniana*	0.5					

由表 2 可以看出聚类分析所得的 6 个群落类型都以峨眉栲或者华木荷为优势种，除了这两个优势种外，水青冈（HA4 水青冈、华木荷、峨眉栲群落）、十齿花（HA6 十齿花、华木荷群落）也会有超过它们的情况；其余乔木物种中出现次数较多且 RBA 较大的有：硬斗石栎、薄叶山矾（*Symplocos anomala*）、海桐山矾（*S. heishanensis*）、峨眉柯（*Lithocarpus oblanceolatus*）、五裂槭（*Acer oliverianum*）、细梗吴茱萸叶五加（*Acanthopanax evodiaefolius* var. *gracilis*）、木瓜红（*Rehderodendron macrocarpum*）、粗脉杜鹃（*Rh. coeloneurum*）、木姜子（*Litsea pungens*）、珍珠花（*Lyonia ovalifolia*）、西南山茶（*Camellia pitardii*）、房县槭（*Acer franchetii*）、叶萼山矾（*Symplocos phyllocalyx*）、康定冬青（*Ilex franchetiana*）等。

表 3 各类型群落灌木层优势种的相对基部面积(RBA)

Table 3 Relative basal area (RBA) of dominate species of shrub layer in different forest types

群落 Habitat	HA1	HA2	HA3	HA4	HA5	HA6
海拔 Altitude（m）	1 810～2 140	1 860～2 140	1 935	1 825～2 070	1 860～2 160	1 920～1 970
样地数 Number of plots	11	4	1	2	6	2
群落面积 Area（m^2）	4 900	2 100	400	1 300	3 800	800
	RBA(%)	RBA(%)	RBA(%)	RBA(%)	RBA(%)	RBA(%)
筇竹 *Qiongzhuea tumidinoda*	18.1	36.9		59.6	6.3	

箭竹 *Disporum cantoniense*	14.5	5.9			34.8	49.5
方竹 *Chimonobambusa quadrangularis*	28.9				44.4	32.1
红叶木姜子 *Litsea rubescens*	3.9	3.9	94.2	1.1		6.1
华木荷 *Schima sinensis*	0.5	1.7			3.6	0.9
峨眉栲 *Castanopsis platyacantha*		0.5	1.6	0.6		0.6
多变石栎 *Lithocarpus variolosus*	0.7		3.5	0.6	0.6	
滇瑞香 *Daphne feddei*		0.6		8.7	3.4	
川钓樟 *Lindera pulcherrimam* var. *hemsleyana*	1	10.8				
叶萼山矾 *Symplocos phyllocalyx*	0.8	10.7				
长毛楠 *Phoebe forrestii*				6.2		

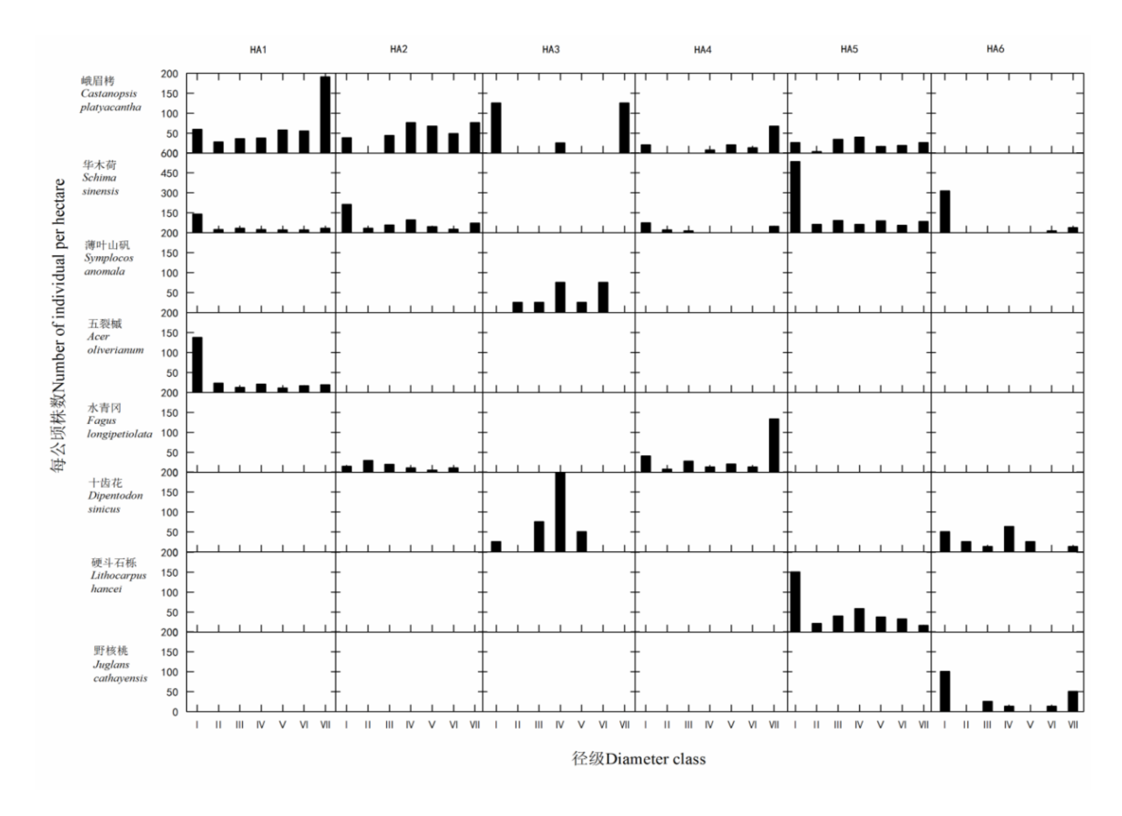
由表 3 可以看出筇竹（*Qiongzhuea tumidinoda*）、箭竹（*Disporum cantoniense*）和方竹（*Chimonobambusa quadrangularis*）在 5 类群落中都占了绝对的优势，HA3 峨眉栲、十齿花群落中红叶木姜子（*Litsea rubescens*）占了绝对优势。竹类种类要么单优，要么混合占有优势。在红叶木姜子为优势的 HA3 群落中，没有竹类种类。除了竹类和红叶木姜子，其余灌木物种中出现次数较多且 RBA 较大的物种有：五裂槭、西南绣球（*Hydrangea davidii*）、野八角（*Illicium majus*）、华木荷、峨眉栲、多变石栎（*Lithocarpus variolosus*）、西南山茶、薄叶山矾、木姜子、散毛樱桃（*Cerasus patentipila*）、滇瑞香（*Daphne feddei*）。华木荷和峨眉栲的苗都出现在 4 类群落中，而且华木荷的 RBA 略高于峨眉栲。

3.2 径级结构、高度结构和重要值分析

乔木层优势种的胸径结构和高度结构从水平和垂直两个方面反映了这些物种在群落中的组合情况以及数量动态及其发展趋势，灌木层优势种的重要值则能进一步反映其在群落中的优势程度。

3.2.1 乔木层优势种的径级结构

乔木层优势种（RBA 最大的 3 种）的径级结构如图 2。



注：**HA1**. 峨眉栲群落; **HA2**. 峨眉栲、华木荷群落; **HA3**. 峨眉栲、十齿花群落; **HA4**. 水青冈、华木荷、峨眉栲群落; **HA5**. 华木荷、硬斗石栎群落; **HA6**. 十齿花、华木荷群落。下同。

Note：HA1. *Castanopsis platyacantha* forest; **HA2**. *Castanopsis platyacantha*, *Schima sinensis* forest; **HA3**. *Castanopsis platyacantha*, *Dipentodon sinicus* forest; **HA4**. *Fagus longipetiolata*, *Schima sinensis*, *Castanopsis platyacantha* forest; **HA5**. *Schima sinensis*, *Lithocarpus hancei* forest; **HA6**. *Dipentodon sinicus*, *Schima sinensis* forest. The same below.

图 2 各类型群落优势种的径级-株数结构图

Fig. 2 DBH class-size diagram of various types of forest dominant species

从图 2 可以看出：峨眉栲第VII级数量最多，第II级基本没有，第I,III—Ⅵ级有一定数量；华木荷第I级数量最多，在 HA5 中甚至接近 600 株 • hm^{-2}，其余各级都相对较少；薄叶山矾主要集中在第II—Ⅵ级，第I,VII级都没有；五裂槭、硬斗石栎和野核桃都是第I级数量最多，其余各级都相对较少；水青冈在 HA2 中各级数量都较少，在 HA4 中第VII级数量最多；十齿花第IV级数量最多，其余各级均较少。

3.2.2 乔木层优势种的高度结构

乔木层优势种（RBA 最大的 3 种）的高度结构如图 3。

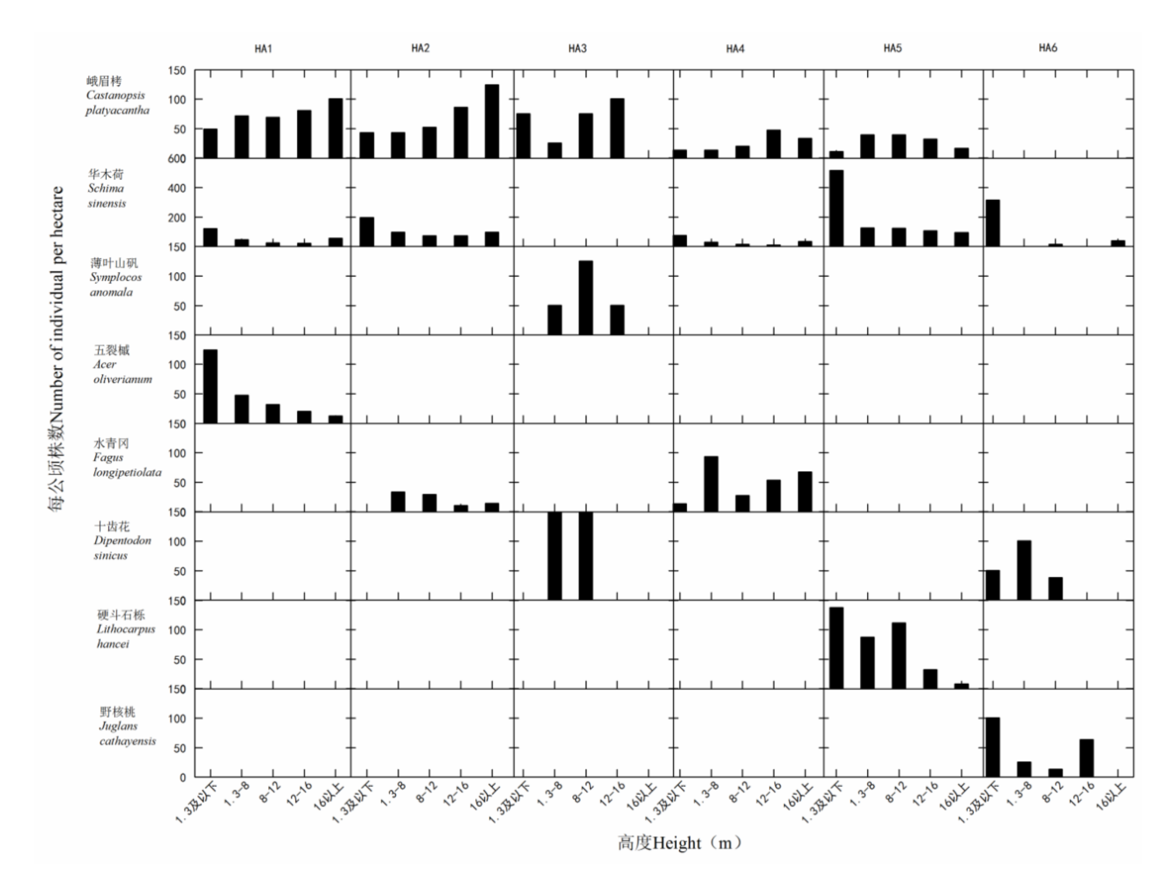


图 3 各类型群落优势种的高度-株数结构图

Fig.3 Height class- number structure diagram of various types of forest dominant species

从图 3 可以看出：峨眉栲从低到高数量总体呈上升趋势，其中 16 m 以上大树数量最多；华木荷 1.3 m 以下幼苗最多，其余各高度数量分布均匀；五裂槭、硬斗石栎、野核桃都是 1.3 m 以下数量最多，只有野核桃没有 16 m 以上大树；水青冈除了 1.3 m 以下数量较少外，其余各高度级数量均较多，其中 1.3～8 m 数量最多；十齿花高度主要集中在 12 m 以下，其中 1.3～8 m 数量最多。

3.2.3 灌木层优势种的重要值分析

灌木层优势种的 RBA 和重要值如图 4。

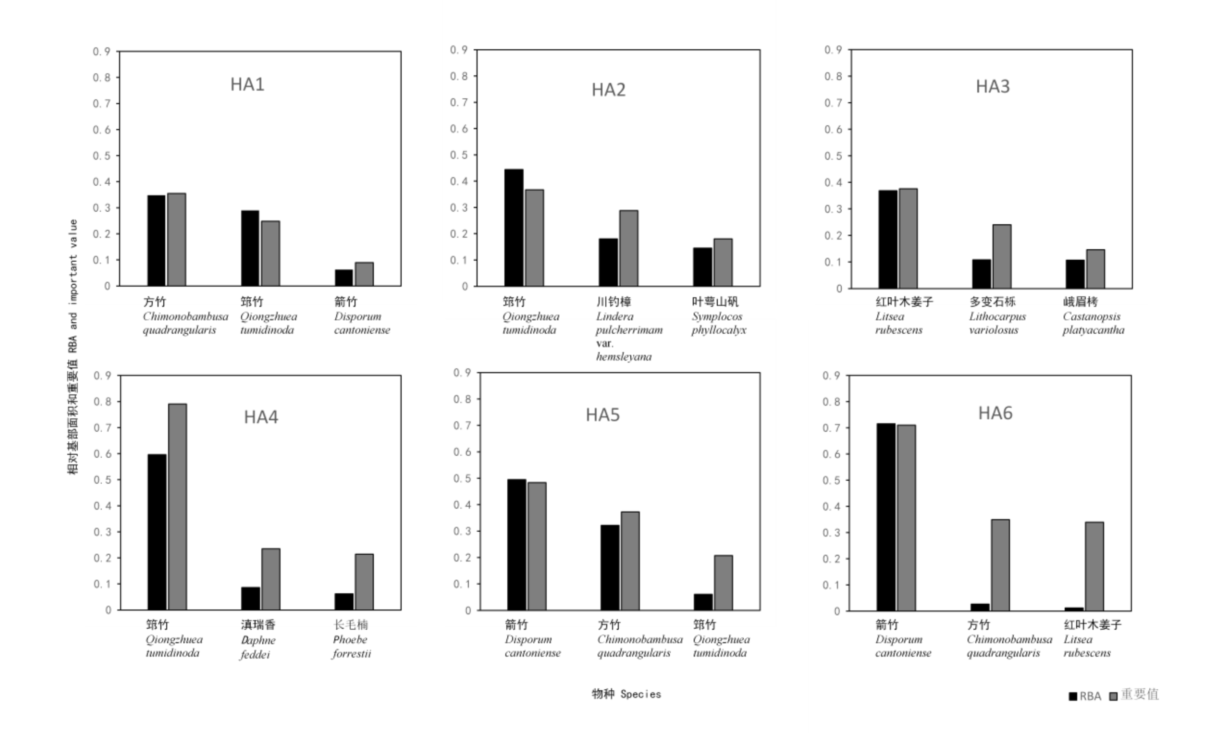


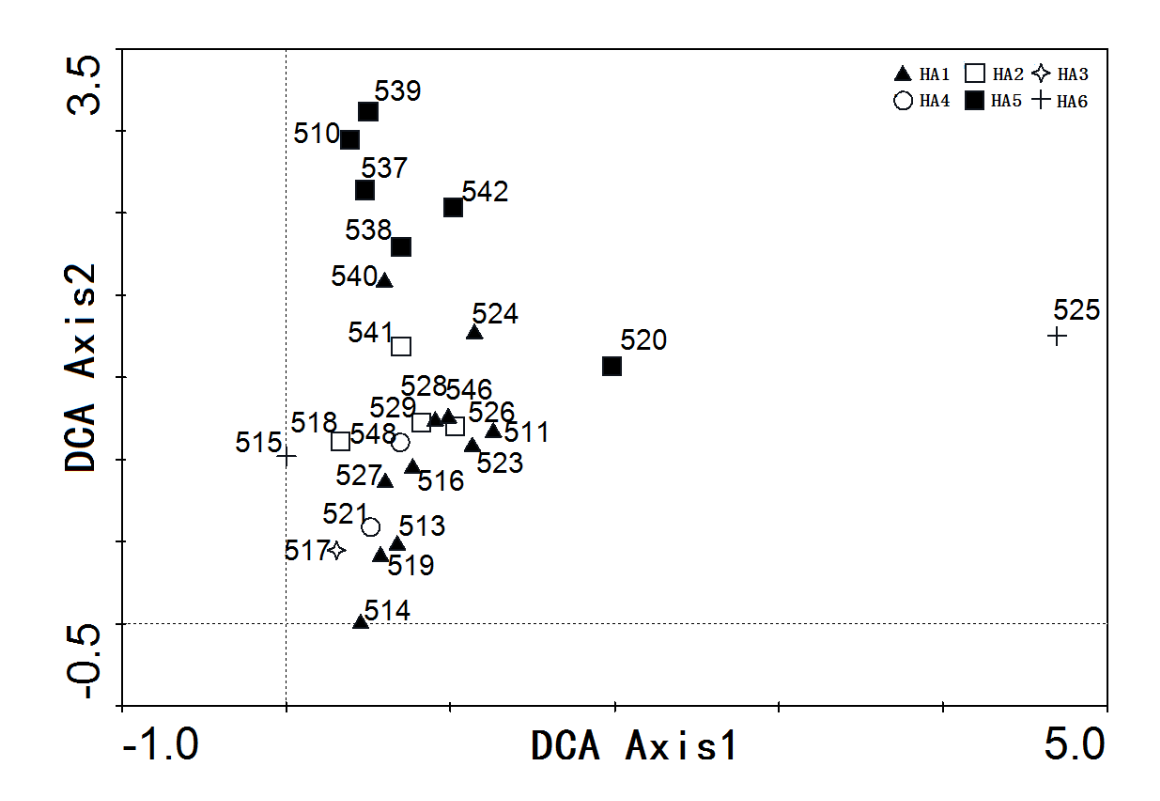
图 4 各类型群落灌木层优势种相对基径面积 (RBA) 及重要值

Fig. 4 RBA and important value of dominant species of shrub layer in different forest types

从图 4 可以看出，RBA 和重要值基本成正比，即 RBA 增加，重要值也随之增加，RBA 减少，重要值也减少；所有类型群落除 HA3 外都是竹类为主要优势种，竹类要么混合占据优势，要么单独占据优势；当竹类混合占据优势时，优势种间的差距相对较小，当竹类单独为优势时，其优势程度则更加明显；在没有竹类的 HA3 群落中，红叶木姜子占优势，且优势程度也很明显。

3.3 DCA 排序分析

对 26 个样地进行 DCA 排序分析，前四个排序轴的特征值分别为 0.773、0.462、0.284、0.185。第一二轴特征值较大，说明这两个排序轴包含的生态信息量多，具有更重要的生态意义。以前两轴为轴绘制二维排序图，结果如图 5。



注：群落样地编号见表 1。下同。

Note: Plots number in table 1. The same below.

图 5 样地 DCA 二维排序图

Fig.5 Two-dimensional DCA ordination diagram of 26 plots

从图 5 可以看出：样地在第二轴上有明显的梯度变化，说明 DCA 排序较好的反映了各样地之间和样地与环境之间的关系。从排序轴来看，第一轴基本反映了水分环境梯度，从左到右为湿润到干旱的过渡（王景升等，2016），第二轴反映了温度梯度变化（海拔），即从下往上，海拔逐渐升高，年均温逐渐降低。由此看出海拔对群落分布影响最大，DCA 排序结果与聚类所得结果基本一致。515,525 次生性群落，与干扰相关。

3.4 CCA 排序分析

典范对应分析（CCA）是一种基于单峰模型的排序方法。它可将样地、物种及环境因子排序表示在一个图上，从而直观的看出它们之间的关系（张金屯，2004）。对 26 个样地和 6 个环境因子进行 CCA 排序分析，结果如图 6。

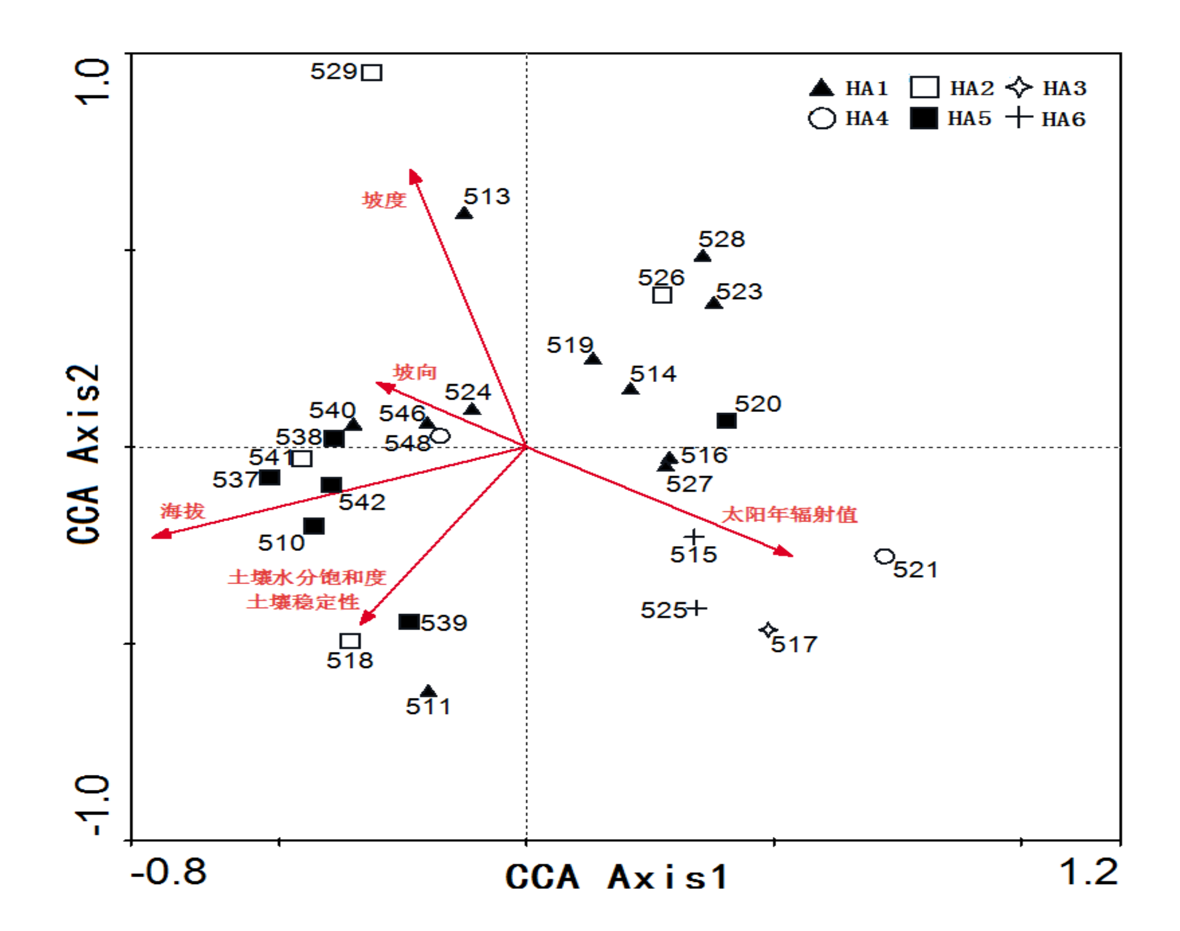


图 6 样地 CCA 排序图

Fig. 6 DCA ordination diagram of 26 plots

排序图中箭头表示环境因子，箭头越长表示其对研究对象的分布影响越大；箭头连线与排序轴夹角余弦值代表其与排序轴的相关性大小。从图 6 中可以看出：3 个环境因子中海拔对群落的分布影响最大，坡度和太阳年辐射值次之，坡向最小；海拔与第一排序轴具有最大的相关性，坡度则和第二排序轴有较强的相关性；将样地投影于海拔变量延长线上可以看出明显的梯度关系，HA5 所在区域海拔最高，HA1 整体分布的海拔最低；HA1 分布的区域坡度较大，而 HA5 华木荷、硬斗石栎群落所在区域坡度相对较小。HA6 属于次生生境，相对较为开阔，因此太阳辐射值也更强。CCA 排序结果与聚类结果基本一致，相比 DCA 排序而言能更清楚地展示群落与各环境因子间的关系。

3.5 DCCA 排序分析

DCCA 采用与 DCA 相同的除趋势方式，但去除了弓形效应的影响，可以看成是 CCA 和 DCA 的结合（张金屯，2004）。对样地和环境因子做 DCCA 分析，结果如图 7。

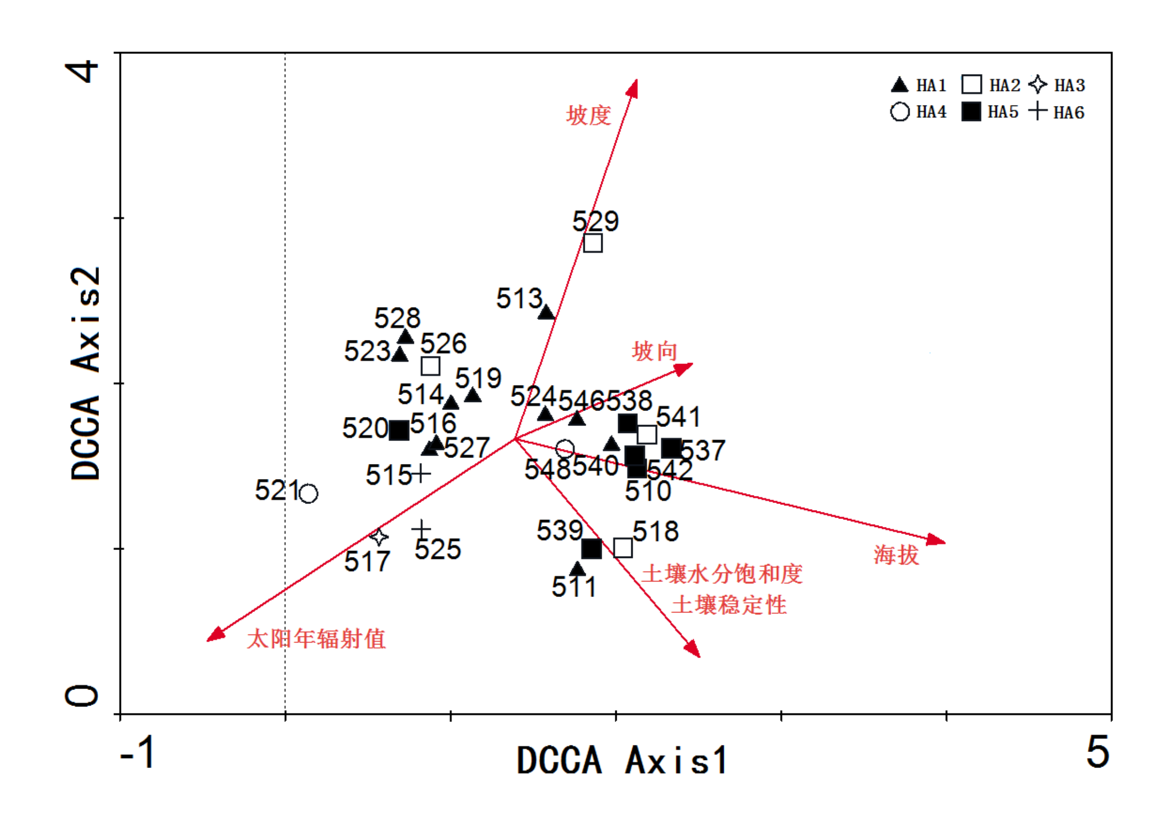


图 7 样地 DCCA 排序图

Fig. 7 DCCA ordination diagram of 26 plots

从图 7 中可以看出：海拔对群落的分布影响最大，坡度和太阳年辐射值次之，坡向最小，整体结果与 CCA 相似，但样地的分离度不如 CCA。

4.讨论与结论

4.1 讨论

乌蒙山峨眉栲、华木荷群落在《云南植被》中划归中山湿性常绿阔叶林，但这一群落在地理分布和物种组成等方面都更接近东部的湿润常绿阔叶林，因此可以看作是湿润常绿阔叶林。从生境气候、聚类分析、优势种种群三个方面看，和峨眉山同类型群落相比既有联系，又有区别。

（1）气候比较

乌蒙山峨眉栲、华木荷群落平均海拔在 2 000 m 左右，因此选择海拔最接近的镇雄县作为气候比较的代表，峨眉山则以峨眉山市为代表。数据来源于中国气象数据网，两地气候图谱如图 8。

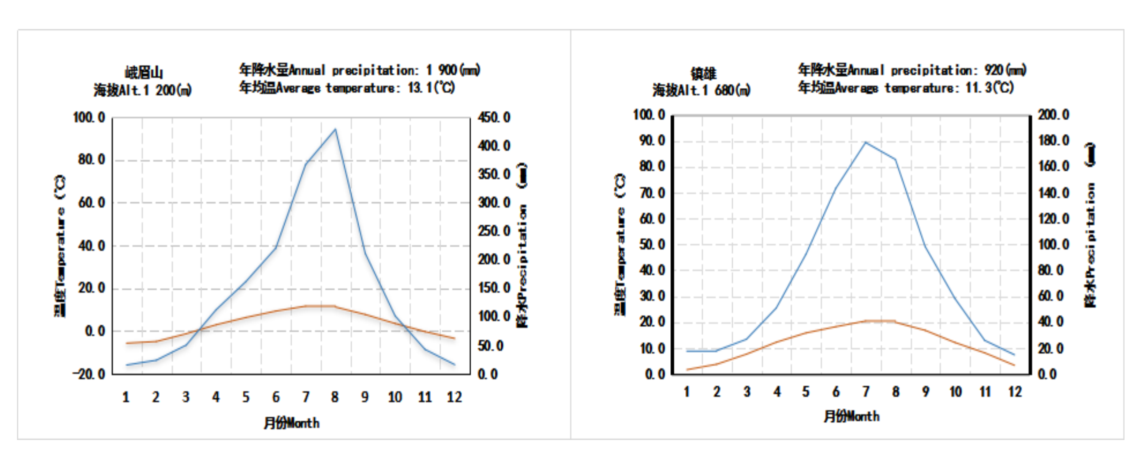


图 8 峨眉山和乌蒙山生态气候图谱

Fig. 8 Ecoclimate diagram of Emei mountain and Wumeng Mountain

由图 8 可以看出，乌蒙山和峨眉山海拔相差 500 m 左右；年均温相差不大，但是乌蒙山月平均温度均未低过 0 ℃，峨眉山 12、1、2、3 月均温都低过 0 ℃；峨眉山的年降水量差不多是乌蒙山的一倍多，两地降水都主要集中在夏季。

（2）群落聚类分析

依据已有峨眉山峨眉栲、华木荷群落特征研究（杨一川等，1994），利用 10 个样地中乔木的盖度进行聚类分析，得到图 9：

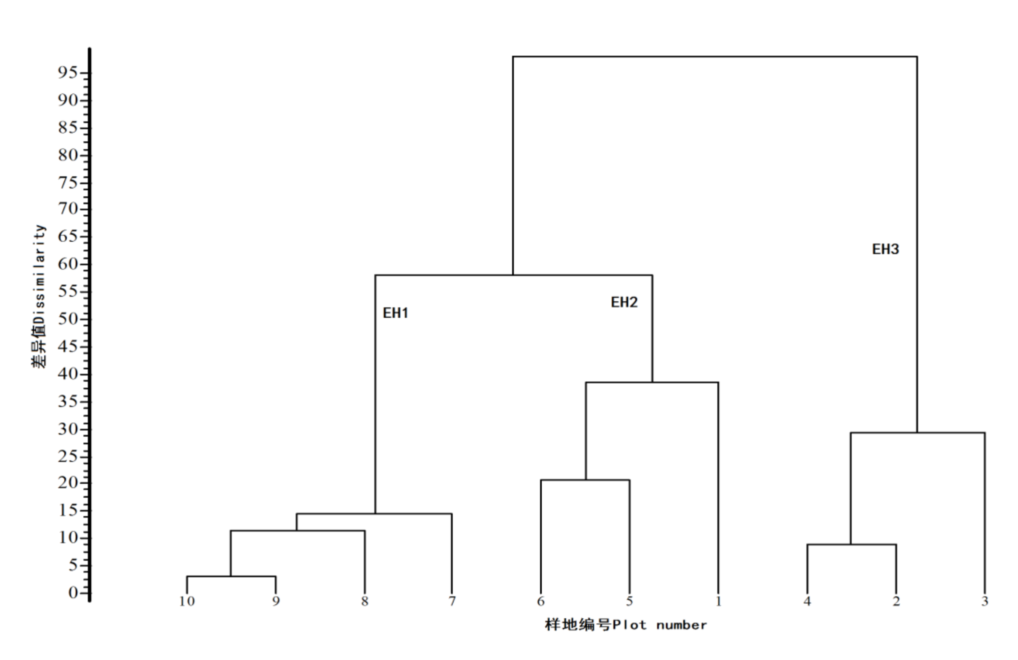


图 9 峨眉山群落聚类分析图

Fig. 9 Clustering analysis chart of Emei Mountain Community

由图 9 上可以看出峨眉山峨眉栲、华木荷群落所有样地主要可以分为 3 类：

EH1.峨眉栲、华木荷群落，包括 10、9、8、7 号样地；

EH2.峨眉栲群落，包括 6、5、1 号样地；

EH3.华木荷群落，包括 4、2、3 号样地。

由此可见，相比峨眉山同类群落，乌蒙山峨眉栲、华木荷群落乔木层优势树种更多，群落分化更明显，这可能是乌蒙山地处东西部常绿阔叶林过渡区域的原因。

（3）群落优势种种群对比

种群是构成群落的基本单位，其结构能客观反映出群落的发展演变趋势，将乌蒙山所有群落进行合并，得出的乌蒙山峨眉栲、华木荷群落中 4 个主要树种种群的高度和径级结构如图 10。

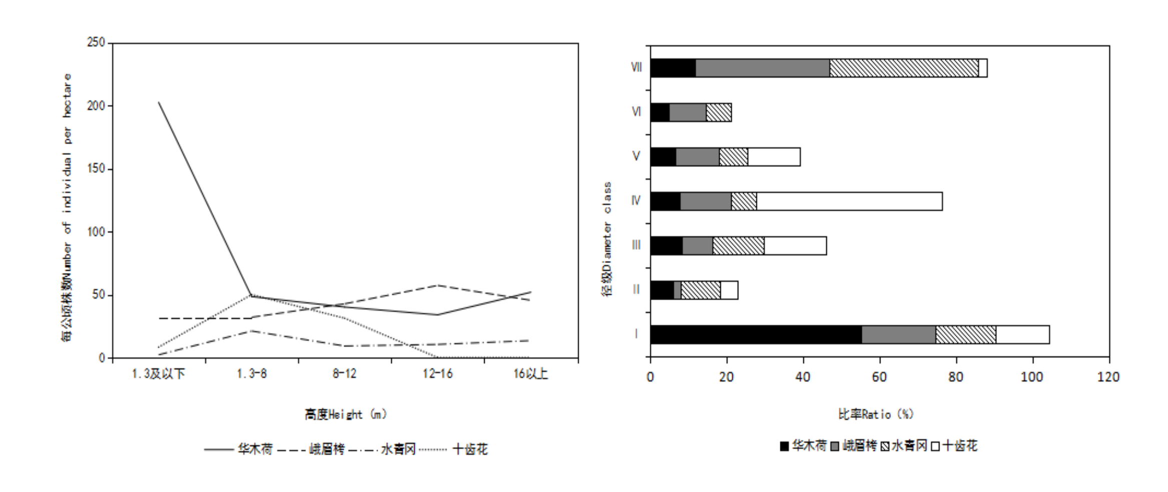


图 10 乌蒙山群落主要树种种群高度-株数、径级结构图

Fig.10 Height class- number individual and DBH class-ratio structure diagram of main population of Wumeng Mountain Community

从高度结构看，乌蒙山华木荷种群高度主要集中在 1.3 m 及以下，峨眉山华木荷种群则集中在 6～22 m，两地 16 m 以上大树都有一定数量；乌蒙山峨眉栲种群高度主要集中在 12～16 m，峨眉山峨眉栲种群高度则在 4 m 和 16 m 两个高度级；乌蒙山另外两个优势种是水青冈和十齿花，这两个种高度主要集中在 1.3～8 m，十齿花没有 16 m 以上的大树，峨眉山另外的优势种是山矾（*Symplocos caudata*）和峨眉四照花（*Dendrobenthamia capitata*），其中山矾多数个体仅高 2～6 m，峨眉四照花可达 16 m。

从径级结构看，乌蒙山华木荷种群是典型的增长型种群，峨眉山的华木荷种群是增长型或稳定型；乌蒙山峨眉栲群落第VII级比率最大，属于下降型种群，峨眉山的峨眉栲种群则是增长型或稳定型；乌蒙山水青冈种群属于下降型种群，十齿花种群则属于增长型或稳定型，峨眉山的山矾种群是稳定型，西南山茶（*Camellia pitardii*）种群为增长型、峨眉四照花、油樟（*Cinnamomum longepaniculatum*）种群可能成为增长型或稳定型。

综上所述，乌蒙山峨眉栲种群大树较多呈现出下降型种群特点，华木荷种群幼苗数量巨大，种群呈增长型；峨眉山的峨眉栲和华木荷种群则都处于增长型或稳定型阶段。

4.2 结论

综上所述，乌蒙山峨眉栲、华木荷群落具有以下特征：

（1）相比其他地区，乌蒙山峨眉栲、华木荷群系类型多样，可划分为 6 种类型。乔木层常绿与落叶树种混杂，峨眉栲种群大树数量多，华木荷小苗数量巨大；灌木层常以竹类为优势种，反映出偏湿性的生境特征。

（2）海拔、坡度和太阳年辐射值是影响群落分布格局的主导因素。

（3）相比峨眉山同类群落,乌蒙山优势种种群中峨眉栲和水青冈种群呈下降型，峨眉山优势种种群都呈稳定型或增长型。

致谢：本研究野外调查得到乌蒙山国家级自然保护区管理局的大力支持和协助。

参考文献

DING T, DU F, WANG J, et al, 2006. Analysis on life form characteristics of the mid-montane humid evergreen broad-leaved forest in lancangjiang nature reserve [J]. J SW Coll, 26(2):19-23.[丁涛, 杜凡, 王娟, 等, 2006. 澜沧江自然保护区中山湿性常绿阔叶林生活型特征研究 [J]. 西南林业大学学报，26(2):19-23.]

GONG HD, YANG GP, LU ZY, et al, 2011. Diversity and spatial distribution patterns of trees in an evergreen broad-leaved forest in the Ailao mountains,Yunnan [J]. Biodivers Sci,19(2):143-150. [巩合德, 杨国平, 鲁志云, 等, 2011.哀牢山常绿阔叶林树种多样性及空间分布格局[J].生物多样性, 19(2):143-150.]

JIN ZZ, 1979. The type and characteristic of evergreen broad-leaf forest in Yunnan [J]. Acta Bot Yunnan,(1):92-107. [金振洲, 1979. 云南常绿阔叶林的类型和特点[J]. 云南植物研究,(1)：92-107.]

KIKVIDZE Z, OHSAWA M, 2002. Measuring the number of co-dominants in ecological communities [J]. Ecol Res,17(4): 519-525.

MCCUNE B, KEON D, 2002. Equations for potential annual direct incident radiation and heat load [J]. J Veg Sci, 13(4): 603-606.

MENG GT, CHAI Y, YUAN CM, et al, 2013. Community characteristics of the mid-montane humid ever-green broad-leaved forest in gaoligong mountains, Yunnan [J]. Sci Silve Sin,49(3):144-151. [孟广涛, 柴勇, 袁春明, 等, 2013. 云南高黎贡山中山湿性常绿阔叶林的群落特征 [J]. 林业科学, 49(3): 144-151.]

PENG H, WU ZY, 1998. The preliminary floristical study on mid-montane humid evengreen broad-leaved forest in Wuliang mountain[J]. Acta Bot Yunnan, 20(1): 12-22. [彭华, 吴征镒, 1998. 无量山中山湿性常绿阔叶林及其植物区系的初步研究[J]. 云南植物研究, 20(1): 12-22.]

ROBER TP, TARBOTON DG, GOODWIN CN, 2005. Sinmap's use's manual.

Sichuan vegetation cooperation group, 1980. The vegetation of Sichuan [M]. Chengdu: Sichuan Renmin Press: 101-104. [四川植被协作组, 1980. 四川植被 [M]. 成都: 四川人民出版社: 101-104.]

SONG YC, 1988. The essential characteristics and main types of the broad-leaved evergreen forest in China [J]. Phytocoenologia,16(1): 105-123.

SONG YC, 2004. Tentative classification scheme of evergreen broad-leaved forests of China [J]. Chin J Plant Ecol, 28(4):435-448. [宋永昌, 2004. 中国常绿阔叶林分类试行方案[J]. 植物生态学报, 28(4): 435-448.]

SONG YC, 2013. Evergreen broad-leaved forest in China [M]. Beijing: Science Press: 61-77, 181-189. [宋永昌, 2013.中国常绿阔叶林 [M]. 北京: 科学出版社: 61-77, 181-189.]

TANG CQ, YANG Y, OHSAWA M, et al, 2011. Population structure of relict metasequoia glyptostroboides and its habitat fragmentation and degradation in south-central China [J]. Biol Conserv, 144(1): 279-289.

WANG JS, YAO SC, PU Q, et al, 2016. Quantitative classification and ordination of grassland communities on the northern Tibetan plateau[J]. Acta Ecol Sin,36(21): 6889-6896. [王景升, 姚帅臣, 普穷, 等, 2016. 藏北高原草地群落的数量分类与排序[J]. 生态学报, 36(21): 6889-6896.]

WANG RZ, GUO QX, 2016.Woody plants species-area relationships in a broad-leaved korean pine forest in the Xiaoxing'an mountains [J]. Acta Ecol Sin, 36(13): 4091-4098. [王睿智, 国庆喜, 2016. 小兴安岭阔叶红松林木本植物种-面积关系[J]. 生态学报,36(13): 4091-4098.]

WU ZY, ZHU YC, 1987. The vegetation of Yunnan[M]. Beijing: Science press,193-196.[吴征镒, 朱彦丞, 1987. 云南植被[M]. 北京: 科学出版社: 193-196.]

YANG YC, ZHUANG P, LI XR, 1994. Ecological studies on the forest community of *Castanopsis platyacantha-Schima sinensis* on Emei mountain [J]. Chin J Plant Ecol,18(2):105-120. [杨一川, 庄平, 黎系荣, 1994. 峨眉山峨眉栲、华木荷群落研究 [J]. 植物生态学报, 18(2): 105-120.]

ZHANG JT, 2004. Quantitative ecology [M]. Beijing: Science Press: 189-193. [张金屯, 2004. 数量生态学 [M]. 北京: 科学出版社: 189-193.]